


ANÁLISIS DE LOS EFECTOS QUE PRODUCE LA PRESENCIA DEL CADMIO EN EL CULTIVO DE CACAO (theobroma cacao)

Classic And Intelligent Temperature Control In A Hydroponic Greenhouse Prototype

* *Elsa Leuvany Alvarez Morales* ¹ 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

* *Ximena Minshely Guillin Llanos* 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

* *Dominga Ernestina Rodríguez Angulo* 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

© 2021 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo {ealvarez@uteq.edu.ec}

RESUMEN

Esta investigación hace referencia a un estudio de las diferentes investigaciones relacionadas con la presencia de cadmio en el cultivos cacao (*theobroma cacao*), desarrolladas en el Ecuador. (Bruce A., 2009), señala que el cadmio (Cd) es un metal pesado existente en el ambiente (suelo, aire y agua) que puede estar presente en diversos alimentos consumidos por el hombre acumulándose en el organismo a lo largo de la vida, pudiendo llegar a niveles tóxicos. Es por ello que su ingesta a niveles elevados se le considera como un riesgo para la salud. El cadmio presente en el suelo puede ser de origen geogénico, resultante del proceso de formación del suelo y la composición de la roca madre; o de origen antrópico por la incorporación en el suelo (voluntaria o involuntaria) como parte de la actividad humana (Romero, 2008).

Según la (Organizaicón Mundial de la Salud OMS, 2020) el efecto nocivo que causa el cadmio en el ser humano, es en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio; además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos. Métodos utilizados en la investigación es el inductivo, deductivo, analítico y lógico. La fuente secundaria permitió la recopilación de los artículos científicos de diferentes autores. De acuerdo a los estudios realizados algunos atribuyen la presencia del cadmio en las de cacao al uso de aguas contaminadas por actividades mineras ilegales.

La acumulación de metales pesados en suelos agrícolas es un riesgo y sus efectos negativos dependen de la concentración del metal y de las propiedades específicas del suelo. Se dice que el suelo agrícola está contaminado cuando su concentración total pasa de 1.4 mg/kg de Cd total según los Estándares de Calidad Ambiental, en función de los diferentes estudios realizado temas de

ABSTRACT

This research refers to a study of the different investigations related to the presence of cadmium in cocoa crops (*theobroma cacao*), developed in Ecuador. (Bruce A., 2009), points out that cadmium (Cd) is a heavy metal existing in the environment (soil, air and water) that can be present in various foods consumed by man, accumulating in the body throughout the life, being able to reach toxic levels. That is why its intake at high levels is considered a health risk. The cadmium present in the soil may be of geogenic origin, resulting from the soil formation process and the composition of the bedrock; or of anthropic origin due to incorporation into the soil (voluntary or involuntary) as part of human activity (Romero, 2008). According to the (World Health Organization WHO, 2020) the harmful effect that cadmium causes in humans is in the kidneys and in the bone and respiratory systems; in addition, it is classified as a human carcinogen. Methods used in research is inductive, deductive, analytical and logical. The secondary source allowed the compilation of scientific articles by different authors. According to studies carried out, some attribute the presence of cadmium in cocoa beans to the use of water contaminated by illegal mining activities. The accumulation of heavy metals in agricultural soils is a risk and its negative effects depend on the concentration of the metal and the specific properties of the soil. It is said that agricultural soil is polluted when its total concentration exceeds 1.4 mg / kg of total Cd according to the Environmental Quality Standards, depending on the different studies

análisis de esta investigación se ha demostrado que todas las zonas agrícolas no se encuentra presencia de cadmio en los cultivos y que se están investigados otros rastros de la presencia del cadmio en los productos agrícolas.

PALABRAS CLAVE: cultivo, cacao, cadmio, metales, salud

carried out, analysis topics of this research have shown that all agricultural areas do not cadmium is found in crops and other traces of cadmium in agricultural products are being investigated.

KEYWORDS: cultivation, cocoa, cadmium, metals, health

INTRODUCCIÓN

Actualmente el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), representa uno de los rubros de mayor importancia económica para el Ecuador, ocupando el sexto lugar de las exportaciones no petroleras en 2012. A esto se suma el criterio de varios expertos que aseguran que el país produce cacao de calidad única en el mundo, debido a sus características organolépticas, sin embargo en las últimas décadas estas características han sido afectadas debido al deficiente manejo pos cosecha (Enriquez, 2014). La producción de cacao en el país se ha generalizado en los últimos años, debido a su valor en el mercado y la introducción de variedades precoces con excelentes rendimientos.

En lo que respecta al manejo de cultivo, los métodos tradicionales de producción que han venido practicando los pequeños agricultores han dado como resultado considerables pérdidas en todo el proceso de explotación, pero

venido a mejorar con la introducción de variedades más productivas y la mejora de las prácticas culturales de poscosecha y almacenamiento. La producción cacaotera en el Ecuador ha considerado parámetros que han dado como resultado mejora de: rendimiento y calidad sensorial, pero en los últimos años pone en riesgo la producción nacional la alarmante noticia de presencia de cadmio en cacao ecuatoriano, esto según varios autores podría deberse al contenido de este elemento en suelos contaminados o afluentes, aunque podría deberse al manejo poscosecha, particularmente en los sistemas tradicionales de secado (Camacho y Alvarado, 2013).

Al ser el cacao una materia prima de consumo humano “lujoso”, las exigencias de calidad e inocuidad del grano son ahora más estrictas. En este sentido, las concentraciones de metales pesados (MPs) como el cadmio en el cacao se han convertido en tema de salud pública (Lopez 2012) A decir de

varios expertos y medios especializados, Ecuador es poseedor de uno de los mejores cacaos finos de aroma del mundo, pero la ausencia de tecnificación poscosecha de este rubro podría poner en riesgo enormemente la calidad del mismo. Los metales pesados como el Cadmio se encuentran de manera natural en la corteza terrestre en forma de minerales, de donde pueden ser absorbidos por las plantas y tomadas de ellas por el ser humano, lo que constituye un riesgo potencial para la salud (Prieto, González, &

(Roma, 2009) En su dictamen científico sobre el cadmio en los alimentos, la CONTAM llegó a la conclusión de que la exposición alimentaria media al cadmio en los países europeos se acerca o supera ligeramente la ingesta semanal tolerable de 2,5 µg/kg de peso corporal. En algunos subgrupos de la población, la ingesta semanal tolerable llega casi a duplicarse. La CONTAM llegó asimismo a la conclusión de que, pese a que es poco probable que se produzcan efectos negativos sobre la función renal en un individuo expuesto a dicho nivel, es necesario reducir la exposición al cadmio en la población (COTAM, 2009).

1. Definición del cadmio

El cadmio en el fruto del cacao se distribuye de manera desigual, la investigación en Ecuador ha encontrado que la mayor cantidad de cadmio se acumula en el jugo y la pulpa (mucilago) del cacao. Este cadmio puede moverse hacia la testa y almendra del cacao y terminar finalmente en el chocolate. Estrategias sencillas tales como lavar la pulpa del grano antes del proceso de fermentación, pueden

eliminar cantidades importantes de contaminantes sin afectar la calidad del grano fermentado y secado (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2015).

De acuerdo con (Gallego, Pena et al, 2012) la presencia de metales pesados en el suelo puede ser beneficioso o tóxico para el medio ambiente. La biota puede requerir algunos de estos elementos básicos (como Fe, Zn, Cu o Mo) en cantidades traza, pero en concentraciones más altas pueden ser peligrosos. Debido a la dificultad en el control de la acumulación de metales pesados en el medio ambiente, los organismos de vigilancia y control, han de hacer frente a la exposición a elementos químicos no deseados, especialmente los considerados biológicamente no esenciales. El cadmio (Cd) pertenece a este último grupo.

El efecto de toxicidad Cd en plantas, como el cacao, implica la necesidad de análisis de la captación, el transporte y la acumulación de Cd en las mismas, requiriéndose una visión más diferenciada de los complejos mecanismos que subyacen a la toxicidad de Cd en los tejidos diana. (Gallego, Pena et al, 2012)

2. Efectos nocivos del cadmio en el hombre

El Cadmio ha sido reconocido por muchas décadas como un riesgo a la salud ocupacional. Posteriormente, el riesgo para la población expuesta ambientalmente fue descubierto encontrándose la asociación entre la grave enfermedad de Itai-Itai y la ingesta de arroz contaminado con Cd.

Desde entonces, numerosos estudios han reportado los efectos en la salud de la población general expuestas a través de los alimentos a este contaminante; entre los cuales se encuentran el daño renal, alteraciones en la mineralización del hueso y la aparición de cáncer en los seres humanos (European Food Safety Authority, EFSA, 2009). Desde que el Cd fue identificado como carcinógeno humano Grupo I según (Cadmium and cadmium compounds IARC, 1993), la necesidad de documentar y monitorear la exposición a este metal pesado y la absorción de este elemento, es un primer paso hacia la comprensión de sus efectos sobre la salud. (Bruce A., 2009)

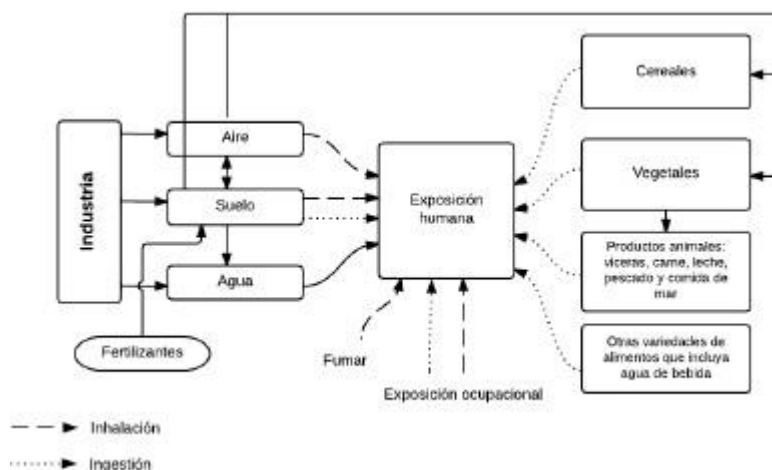
La exposición de la población humana al cadmio (Cd) presente ya sea en aire, alimentos y agua puede producir efectos en órganos como los riñones, el hígado, los pulmones, sistema cardiovascular, inmunológico y reproductor. Los alimentos, son la fuente principal de exposición a

Cadmio, en la población general que no fuma (European Food Safety Authority, EFSA, 2009)

En Estados Unidos, la media geométrica de la ingesta diaria de Cadmio en los alimentos está estimada en 18,9 μg / día. En la mayoría de los países, la ingesta media diaria de cadmio en los alimentos está en el intervalo de 0.1–0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal^{6, 7, 8}. A la fecha la evidencia científica y técnica existente sobre este asunto corresponde principalmente a los estudios adelantados por EFSA. (European Food Safety Authority, EFSA, 2009)

Actualmente no existen referentes internacionales en el Codex Alimentarius, en cuanto al contenido de Cadmio en cacao y sus productos. La Unión Europea, cuenta con la Regulación EC No. 1881/2006, en la cual se establecen los límites máximos para algunos productos alimenticios en mg/Kg de peso corporal:

Figura 1: Fuente de exposición humana a cadmio



Adoptado de: <http://www.wfsa.euripa.eu/en/scdocs/doc/980.pdf>

3. El cadmio en el cacao

Los metales pesados se conocen desde hace mucho tiempo como contaminantes de difícil solución que una vez que ingresan en los suelos agrícolas y a la cadena alimenticia permanecen por mucho tiempo en el sistema. Los valores tolerables en presencia de metales pesados varía entre pocos miligramos hasta solamente microgramos en el producto final comercial, estos rangos extremadamente bajos vuelven todavía más complicada la comercialización. El cadmio (Cd) es tal vez el metal pesado con más atención por su relación con una serie de trastornos incluidos el cáncer, y por su extremadamente bajo valor de toleración en productos derivados del cacao, investigaciones por parte de la Unión Europea establecieron un rango entre 0,2-0,5 mg/kg de este metal en productos de chocolate y cacao en polvo (INIAP,2015)

El rango tolerable de Cd según la organización mundial de la salud es de 7 mg por kg de peso corporal/semana, es decir, 60-70 mg por día para un adulto (Lopez, 2012). El cacao tiene aparentemente mayor predisposición para absorber cadmio, pues los estudios y muestreos consistentemente encuentran mayor concentración en el chocolate terminado en comparación con otros alimentos y bebidas. El cadmio en el fruto del cacao se distribuye de manera desigual, la investigación en Ecuador ha encontrado que la mayor cantidad de cadmio se acumula en el jugo y la pulpa (mucilago) del cacao. Este cadmio puede moverse hacia la testa y almendra del cacao y terminar finalmente en el chocolate. Estrategias sencillas tales como lavar la pulpa del grano antes del proceso de fermentación, pueden eliminar cantidades importantes de contaminantes sin afectar la calidad del grano fermentado y secado

(Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2015)

4. Impacto económico en los agricultores por presencia de cadmio cacao

El cacao en el Ecuador constituye el tercer rubro de importancia económica, después del banano y las flores, generando empleo a más de 100.000 familias de pequeños productores ecuatorianos y otras 20.000 familias en el resto de la cadena de valor, lo que equivale a una influencia directa sobre 600.000 personas.

Sin embargo, las exportaciones del cacao, hacia los mercados Europeos, se ven amenazadas por indicios de contaminación de cadmio en niveles superiores a los permitidos por Normativas alimentarias de la Comunidad Europea. Se considera que las fuentes de contaminación de este metal pesado pueden provenir de forma natural, mediante las erupciones volcánicas, la mineralización del material parental o inducidas por el hombre, donde sobresale las explotaciones de minas, quemas de basuras urbanas, uso de fertilizantes fosforados, agroquímicos, gases provenientes de las industrias, quema de combustibles fósiles, contaminación por derivados del petróleo o al secar el cacao en carreteras, etc. En trabajos hechos por se encontró, en fincas cacaoteras de Santa Rosa en la provincia de El Oro y Naranjal provincia del Guayas, almendras de cacao con cantidades mayores a 1 mg kg⁻¹ de Cd. Así mismo, Carrillo (2003) observó en suelos del Litoral Ecuatoriano cantidades de Cd en forma total y biodisponible, mayores a las permitidas por el Codex Alimentarios. INIAP (1994)

El INIAP-PROMSA (2003), reportaron la presencia de Cd en niveles tóxicos en un suelo cacaotero de El Oro y en almendras de cacao cantidades superiores a 1 mg kg⁻¹, en El Oro, Guayas, Zamora, Los Ríos, Francisco de Orellana, Esmeraldas y la parte tropical de Pichincha, lo cual ocasiona una disminución en la calidad del cacao. Además, se indicó como principales posibles fuentes de contaminación, la quema de fundas plásticas, cercanía a las carreteras y el uso de aguas provenientes de minas.

Por otra parte, se realizó una investigación para recuperar suelos contaminados por cadmio donde se evaluaron ocho enmiendas, en las provincias de Manabí, El Oro y Península de Santa Elena. Se observó que las enmiendas aplicadas al suelo influyeron en la disminución de los contenidos de Cd, en las almendras. Se determinó que el sulfato de calcio y la cachaza lograron reducir en 46 y 44%, las concentraciones de Cd, en las almendras de cacao en la Península de Santa Elena. Para la localidad de El Oro las enmiendas dolomita y la vinaza disminuyeron en 48 y 45% respectivamente, las concentraciones de cadmio. En Manabí, las enmiendas tuvieron similar comportamiento disminuyendo en un 30% las concentraciones de Cd, en las almendras de cacao. (Zambrano, 2015).

5. Comportamiento de la balanza comercial del Ecuador por efecto de la presencia de cadmio en el cacao.

El cacao conocido como la 'Pepa de Oro', es uno de los frutos representativos como marca de Ecuador, siendo así, que el país es reconocido a nivel internacional por ser proveedor de más del 60% de la producción mundial de cacao.

En el año 2018, las exportaciones de estos granos de cacao se incrementaron en un 12,79 %, siendo Europa uno de los destinos

más importantes de estas exportaciones. (<https://www.normalizacion.gob.ec>, 2020)

A nivel de toda la cadena del cacao en el mundo, existe gran preocupación por la presencia de cadmio en las almendras del cacao y su incidencia en el chocolate, lo que podría ocasionar problemas en la salud humana. Por tal motivo a partir del 2019 la Comisión Europea comenzará a exigir niveles máximos de este metal permitidos en el producto y sus derivados que entraran al mercado europeo. El cadmio es un metal que puede tener graves riesgos para la salud y el medio ambiente.

El cacao es un producto de exportación importante para muchas economías en desarrollo de África, Asia, Oceanía y América Latina y el Caribe. En 4.733 millones de toneladas de cacao se ubicó la producción mundial del grano para el año cacaotero 2016/2017 según las últimas estimaciones hechas por la Organización Internacional del Cacao.

Esta medida preocupa a Ecuador ya que, entre enero y julio del 2017, las exportaciones del país a la Unión Europea (UE) subieron un 14,4%, con relación al mismo periodo del 2016, según cifras de la Federación Ecuatoriana de Exportadores (Fedexpor).

Según Cristian Noboa, Jefe Técnico Nacional de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, Anecacao, en la actualidad no hay problemas en el país con los envíos a Europa por cadmio, pero con la medida que se aplicará en el 2019 vendrán nuevas regulaciones sobre todos los metales pesados presentes en los productos alimenticios, sobre todo, los que tienen materia prima importada.

Además, enfatizó que actualmente los exportadores de cacao están trabajando en conjunto con los entes de investigación del país como el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap) y La

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro (Agrocalidad), para tomar medidas de contingencia y solucionar problemas en un futuro. (Webcache, 2020)

Para enfrentar este desafío y para poder garantizar la posición que ocupa Ecuador en el mercado internacional como principal exportador de cacao fino de aroma, VECO Andino llevó a cabo un estudio sobre la absorción de cadmio. Concretamente, a base de análisis de suelo, de hojas y de almendras de cacao fino de aroma, hemos indagado la influencia que tiene la presencia de micro-nutrientes en la absorción de cadmio. (Rikolto: organización internacional en red, 2020)

6. Investigaciones acerca del contenido de cadmio en alimentos

El cadmio es un metal pesado de origen natural, que no tiene una función conocida en los seres humanos. Se acumula en el cuerpo y afecta principalmente a los riñones, pero también puede causar desmineralización ósea. El cadmio atmosférico puede debilitar la función de los pulmones e incluso conducir al cáncer (Bernard, 2008). Para reducir la exposición, la Unión Europea (UE) está estableciendo

niveles máximos permitidos de cadmio en diferentes alimentos según la ingesta dietética. En 2014, la UE anunció los niveles máximos permitidos para el cadmio en los productos de cacao y chocolate que se venden en la UE (Tabla 1). Esto se ha aplicado a partir del 1° de

enero de 2019. Los niveles se basan en los niveles estimados de consumo de chocolate por diferentes grupos de edad.

Debido a que la preocupación sobre contaminación de cadmio en el cacao y productos de cacao alcanzó dimensiones internacionales, varios países exportadores e importadores realizaron varios estudios a fin de determinar la presencia de este metal en esos productos. En su octava reunión el Comité acordó iniciar un nuevo trabajo sobre el establecimiento de niveles máximos (NM) para el cadmio en el chocolate y los productos derivados de cacao. El Comité acordó establecer un grupo electrónico de trabajo dirigido por Ecuador, copresidido por Ghana y Brasil³ a fin de preparar las propuestas sobre los NM para comentarios en el Trámite 3 y su consideración en el próximo período de sesiones del Comité (FAO/OMS, 2015). (Meter A., Atkinson R.J. y Laliberte B., 2019)

Tabla 1. Propuestas de niveles máximos para el cadmio en el chocolate y productos derivadosde cacao.

Item	Productos	Nivel máximo de Cadmio mg/kg
1	Chocolate con leche con un contenido de materiaseca total de cacao < 30%	0.2
2	Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao <50%; chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao ≥30%	0.6
3	Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao ≥50%	2.0

4	Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber)	1.5
---	---	-----

Fuente: Reglamento de la Comisión Europea (UE) 488/2014 del 12 de mayo de 2014

Los niveles establecidos por la regulación de la UE son similares a los que se están discutiendo para su inclusión en el Codex Alimentarius¹ de 0.8 mg/kg para chocolate con $\geq 50\%$ a $< 70\%$ de sólidos de cacao, y 0.9 mg/kg para chocolate con $> 70\%$ de sólidos de cacao. Las categorías y los límites para los productos con $< 50\%$ de sólidos de cacao en total y para el polvo de cacao (100% de sólidos de cacao) aún no se han definido. (Gallego, Pena et al, 2012)

máximos: Masa de Cacao 1 ppm, Manteca de Cacao 0.5 ppm, Torta Prensada de Cacao 0.5 ppm, Cacao en Polvo 1 ppm y Productos de Chocolate 0.5 ppm. La Norma 1.4.1 del Código de Normas Alimentarias de Australia y Nueva Zelanda sobre contaminantes y tóxicos naturales ha establecido un nivel máximo de cadmio en productos de chocolate y cacao a 0.5 ppm, y la Federación Rusa (SanPin 2.3.2- 1078-01) ha establecido el mismo umbral, pero para todo el chocolate y productos de chocolate, granos de cacao y derivados. (Meter A., Atkinson R.J. y Laliberte B., 2019)

La UE no está sola en la regulación del cadmio en el chocolate. La Norma Nacional de Indonesia establece los siguientes límites

Tabla 2 Nivel máximo permitido establecido según la Proposición 65 del Acuerdo Industrial (San Pin 2.2-1078-01)

Composición del Producto de Chocolate (%del contenido total de cacao)	Nivel máximo de cadmio (ppm) establecido para:	
	2018-2025	2025
$< 65\%$	0.400	0.320
65-95%	0.450	0.400
$\geq 95\%$	0.960	0.800

Fuente: San Pin 2.2-1078-01

Como se pudo observar ya, los niveles máximos permitidos en la regulación de la UE son para productos de chocolate y no para la materia prima. Sin embargo, los compradores deben poder relacionar el nivel de cadmio en los granos de cacao con el producto final. Como la manteca de cacao contiene niveles mínimos de cadmio, la concentración de cadmio en la masa de cacao es similar a la del licor de cacao (el primer producto derivado de los granos de

cacao después de la fermentación, el secado y el tostado). Conociéndose el porcentaje de masa de cacao en el producto final de chocolate, se puede utilizar la siguiente ecuación para estimar el nivel máximo de cadmio en la masa de cacao que permitirá que el producto de chocolate permanezca por debajo del umbral pertinente de la UE: (Meter A., Atkinson R.J. y Laliberte B., 2019)

$$ML_{CM} = \frac{ML_{EU.P}}{X_{\%P}}$$

Donde:

ML_{CM} = Nivel máximo de cadmio en la masa del cacao (mg/kg)

$ML_{EU.P}$ = Nivel máximo permitido de la UE en el producto terminado P (mg/kg)

$X_{\%P}$ = Porcentaje de masa de cacao en el producto terminado P

Por ejemplo, en el caso del chocolate oscuro que contiene 70% de masa de cacao (sólidos secos de cacao), para el cual la normativa de la UE establece un límite máximo permitido de 0.8 mg de cadmio/kg en el producto terminado, el nivel máximo de cadmio en la masa de cacao será:

$$ML_{CM} = \frac{0.8}{0.7} = 1.1 \text{ mg/kg}$$

De acuerdo a un estudio de La Habana, en las fincas donde se encontraron las muestras con niveles superiores fueron las ubicadas en el área cerca de avenidas de alto tráfico vehicular, siendo en esta estación donde se encontró el mayor número de hortalizas contaminadas, ya que de las 11 hortalizas analizadas, tres resultaron contaminadas con Pb, para un 27 %; dos con Zn (18 %) y una con Cd (9 %). Doce de las 73 muestras de hortalizas analizadas sobrepasan los límites máximos permisibles de contaminantes metálicos en los alimentos destinados al consumo humano establecidos por la norma cubana NC 493 del 2006, lo que representa un 16 % del total de muestras analizadas (Olivares et. al, 2013).

El estudio realizado en cultivo de cacao en

La primera acción a realizar en las áreas de producción de los cacaotales, sean nuevas áreas o instaladas, será realizar un análisis de suelos para conocer el nivel de cadmio presente y de acuerdo a ello identificar la necesidad de realizar

Huánuco y Ucayali, Perú, los valores promedio de Cadmio y Plomo (0.53 y 3.02 ppm, respectivamente) en estos suelos se puede considerar como bajos, se observa además correlaciones de cadmio en suelos con el contenido foliar de P, Mg, Ca y Pb; y de plomo en suelo con el contenido foliar de Mg, Zn, y K y arcilla en el suelo. (Huamaní et. al, 2012)

7. La mitigación de cadmio en el cacao

De acuerdo a estudios realizados se pueden apreciar varios mecanismos para mitigar el cadmio en el cacao, mismas que consisten en el desarrollo de estrategias para disminuir el contenido de cadmio en los granos de cacao a través de técnicas que limiten la absorción de este metal por las plantas.

estrategias de mitigación. Así mismo, deben prevenirse y evitarse las inundaciones en las áreas de producción debido a que estas podrían ser fuente de cadmio.

Estrategias para la mitigación de cadmio. De acuerdo a los trabajos de investigación disponibles se recomienda:

7.1. En plantaciones nuevas

- Instalar las plantaciones en suelos agrícolas que tengan menos de 1.4 mg/kg de Cd total.
- Instalar las plantaciones en áreas alejadas de carreteras o tomar medidas para prevenir el contacto de los cacaotales con los gases que emiten la combustión de los vehículos porque pueden contener cadmio. Así mismo en áreas alejadas de botaderos de las ciudades o zonas mineras.

7.2. En plantaciones ya instaladas

Estrategias para inmovilizar el cadmio en el suelo:

1. Incrementar los niveles de Zn y Mn en el suelo, se ha demostrado que cuando hay deficiencia de estos micronutrientes el cadmio tiene más probabilidades de ingresar a la planta y a la almendra del cacao.
2. Aplicar niveles de encalado en bajas dosis (2 a 3 t/ha de dolomita – $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$) para incrementar gradualmente el pH e incorporar calcio y magnesio que son esenciales para el crecimiento del cacao y pueden precipitar al cadmio.
3. Incrementar el contenido de materia orgánica del suelo y mejorar su actividad microbológica utilizando fertilizantes o abonos orgánicos tales como estiércoles tratados de ganado estabulado en granjas, compost, bocashi, entre otros.

4. Evitar la fertilización con fertilizantes fosfatados y roca fosfórica sedimentaria debido a que suelen tener como impureza el cadmio siendo éste menor en las fosforitas de origen ígneo.
5. Utilizar fertilizantes nitrogenados y potásicos debido a que normalmente tienen muy bajos contenidos de cadmio y de preferencia abonos compuestos como el 20-20-20 (N- P_2O_5 - K_2O), verificando el análisis de metales pesados. Está demostrado que en suelos bien provistos de nutrientes las probabilidades de bioacumulación del cadmio son menores.
6. Preparación y uso de carbono activado, utilizando diferentes tipos de materiales, de preferencia locales (biomasa residual o rastrojos de palma aceitera, cacao, etc) se pueden aplicar para disminuir la disponibilidad de cadmio en el suelo por el mecanismo de adsorción.
7. Aplicar vinaza (sub producto de la industria de la caña), como fertilizante líquido rico como fuente de potasio, además puede promover la instalación de hongos que forman micorrizas en las raíces del cacaotal para incrementar la eficiencia en la nutrición de fósforo en este cultivo, darle resistencia a las sequías, protección contra enfermedades, e inmovilización del cadmio.
8. Utilizar micorrizas de preferencia nativas de la zona y otros bioremediadores que “capturen” el cadmio presente en el suelo y no esté disponible para el cacao.
8. Estrategias para extraer el cadmio del suelo

1. Existen experiencias que indican que las plantaciones de **cacaotales** en sistemas agroforestales disminuyen la concentración de cadmio en los granos de cacao (en comparación con monocultivo), debido a que posiblemente el cadmio es bioacumulado en alguno de los componentes arbóreos del sistema agroforestal.

deben utilizarse especies que no sean alimenticias ni que sean destinadas como forraje. Las hojas luego de cosechadas, deben ser quemadas para convertirlas en cenizas(450°C) y luego decidir si va a confinamiento o a un laboratorio de química analítica o industrial para que puedan reutilizar estos metales.
2. La fitoextracción es una técnica que consiste en sembrar plantas (árboles, arbustos, herbáceas, cultivos de cobertura) en suelos contaminados con metales pesados con la finalidad de que estas plantas los extraigan del suelo a través de sus raíces y los lleven a otra parte de la planta como sus hojas. Para ello

Tabla 3. Condiciones que pueden generar problemas de bioacumulación de cadmio en la almendra del cacao y las medidas de mitigación para solucionarla:

Situaciones	Problemas que pueden generar la bioacumulación de cadmio en cacao	Medidas de mitigación para disminuir la bioacumulación de cadmio en cacao
Insumos	Uso de fertilizantes fosfatados con altos niveles de cadmio	Utilización de clones que no bioacumulen cadmio
		No usar fertilizantes con cadmio
		Incrementar los niveles de Zn y Mn
	Uso de aguas de riego salinas con alto contenido de cloruros	Incrementar la materia orgánica del suelo
Condiciones de suelo		Regar con aguas con bajo contenido de cloruros
	Alto contenido de arena	Alto contenido de arcillas
	Suelos fuertemente ácidos	Suelos no muy ácidos
	Deficiencias de Zn	Alto contenido de micorrizas

9. CONCLUSIONES

El cadmio en la actualidad sigue siendo un elemento usual, quedando expuesta la población, sobre todo en ambientes urbanos. Las emisiones al ambiente es producto de las actividades del ser humano, cabe señalar que a través de la dieta se presenta la mayor parte de la exposición al cadmio (cd).

En los últimos años las perspectivas de la presencia de cadmio es optimista, debido a la reducción de la fuerte emisión. El uso de fertilizantes fosfatados también ha presentado una reducción, lo cual incide en un menor aporte de cadmio a los suelos, es decir menores niveles del metal en alimentos.

Las ciudades con alto nivel de industrialización,

y con bajo desarrollo en tema de gestión ambiental, el cadmio sigue siendo un problema grave. Se sugiere que se adopten medidas para mitigar aquello para que se vean poco afectadas las poblaciones con el fin de asegurar su salud.

REFERENCIAS

- [1]. Bruce A. (2009). Monitoring of human populations for early markers of cadmium toxicity: A review, In New Insights into the Mechanisms of Cadmium Toxicity Advances in Cadmium Research, Toxicology and Applied Pharmacology.238(3):294-300 Language: English. DO.
- [2]. Bruce A. Fowler. (n.d.).
- [3]. Cadmium and cadmium compounds IARC. (1993). Monogr Eval Carcinog Risks Hum. , 58, 511–237 PMID:8022055. From
- [4]. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-8.pdf>
- [5]. Camacho y Alvarado. (2013). Aprendiendo e innovando acerca de la cosecha, fermentacion y secado del cacao. Recuperado el 21 de Febrero de 2017. From http://www.ruta.org/CDOCDeployment/documents/19_Guia_8_Beneficiado.pdf
- [6]. COTAM. (2009). Comision Tecnica de la Cadena Alimentearia de la EFSA. Recuperado el 15 de Julio de 2016, de Dictamen cientifico sobre la ingesta de Cadmio:. From www.efsa.europa.eu/efsajournal.
- [7]. Enriquez. (2014). Cacao Organico, guia para productores. Quito.
- [8]. European Food Safety Authority, EFSA. (2009). Cadmium in Food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain . The EFSA Journal(980), 1–139. From <http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/980.pdf>
- [9]. Gallego, Pena et al. (2012). Unravelling cadmium toxicity and tolerance in plants: Insight into regulatory mech. Unravelling cadmium toxicity and tolerance in plants: Insight into regulatory mechanisms. In Environmental and Experimental Botany. November 2012 83:33-46 Language: Englis.
- [10]. <https://www.normalizacion.gob.ec>. (2020, 09 25). From <https://www.normalizacion.gob.ec/material-de-referencia-de-cadmio-en-cacao-en-proceso-de-certificacion-por-el-inen/>.
- [11]. Huamaní et. al. (2012, 6 4). Presencia de material pesado en cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) orgánico. Acta Agronomica, 6(4), 339-344.
- [12]. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. (2015). Metales pesados en cacao,perspectivas y posible manejo. From [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/049b3f076c63e02705257e0e005767b1/\\$FILE/AA%20-%207%20Julio 2015.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/049b3f076c63e02705257e0e005767b1/$FILE/AA%20-%207%20Julio 2015.pdf)
- [13]. Lopez et. al. (2012). Determinación del contenido de cadmio (cd) en almendras de cacao (Theobroma cacao L) cultivado bajo tres sistemas de manejo en san Alejandro- Región Ucayali. Unu agronomia.
- [14]. Meter A., Atkinson R.J. y Laliberte B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe – Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. Roma: Bioversity International.
- [15]. Mite F. (2010). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Eecuator. XII Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo .
- [16]. Olivares et. al. (2013). Niveles de

cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una Zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 4(29), 285-294.

- [17].
- [18]. Organización Mundial de la Salud OMS. (2020, Octubre 7). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. From https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/
- [19]. Prieto, González, & Román. (2009).
- [20]. Rikolto: organización internacional en red. (2020, 09 20). <https://latinoamerica.rikolto.org/es/noticias/exportacion-de-cacao-ecuatoriano-se-ve-amenazada-por-altos-niveles-de-cadmio>.
- [21]. Romero, G. y. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. From http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf
- [22]. Webcache. (2020, 09 23). From <https://webcache.googleusercontent.com:https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:QsISfXjI8vQJ:https://elproductor.com/contenido-de-cadmio-en-el-cacao-es-una-preocupacion-mundial/+&cd=13&hl=es&ct=clnk&gl=ec>
- [23]. Zambrano, J. e. (2015). . MEMORIAS DE LOS EVENTOS CIENTÍFICOS ORGANIZADOS
- [24]. POR EL INIAP EN ELAÑO 2015: Primer Simposio Intencional “El Suelo y la Nutrición de Cultivos en Ecuador y Primer Simposio Intencion.